

[Name of the Invention]

REFLECTION TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

[Abstract]

[Purpose] To provide an ECB type reflective color STN liquid crystal display device which prevents a display color from substantially changing according to an angle of observation.

[Means for Solving Problems] A liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention includes a liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3a arranged at the side of an observer with respect to the liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3b arranged at the side opposite to the observer with respect to the liquid crystal display element 2, a phase difference plate 4 arranged between the liquid crystal display element 2 and the polarizing plate 3a, a light diffusion plate 5 arranged between the polarizing plate 3a and the phase difference plate 4, and a reflection plate 6 arranged outside the polarizing plate 3b. On each of the opposite surfaces of a pair of glass substrates 7 constituting the liquid crystal display element 2, transparent electrodes 8 and an oriented film 9 are formed. Liquid crystals 10 are disposed between the pair of glass substrates 7. An ECB type reflective color STN liquid crystal display device is constituted in this manner.

[Preferred Embodiments of the Invention] The preferred embodiments of the present invention and its comparative examples will be described with reference to FIG. 1 to FIG. 14.

[0021] (Preferred embodiments) The preferred embodiments of the present invention will be described with reference to FIG. 1 to FIG. 8. FIG. 1 is a cross-sectional view showing a liquid crystal display device in accordance with the present invention. FIG. 2 is an illustration showing a phase difference plate in accordance with the present invention. FIG. 3 is a cross-sectional view showing a light diffusion plate in accordance with the present invention. FIG. 4 is an illustration showing the arrangement conditions of members constituting the liquid crystal display device in accordance with the present invention. FIG. 5 is an illustration showing a change in a color difference in the direction of 6:00-12:00 when a coefficient N_z is changed from 0.1 to 0.5. FIG. 6 is an illustration showing a change in a color difference in the direction of 3:00-9:00 when the coefficient N_z is changed from 0.1 to 0.5. FIG. 7 is an illustration showing a change in a color difference in the direction of 6:00-12:00 when the angle which the direction of a phase lag axis forms with the direction of light diffusion is changed from 50 degrees to 80 degrees. FIG. 8 is an illustration showing a change in a color difference in the direction of 3:00-9:00 when the angle which

the direction of the phase lag axis forms with the direction of light diffusion is changed from 50 degrees to 80 degrees.

[0022] As shown in FIG. 1, a liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention includes a liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3a arranged at the side of an observer with respect to the liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3b arranged at the side opposite to the observer with respect to the liquid crystal display element 2, a phase difference plate 4 arranged between the liquid crystal display element 2 and the polarizing plate 3a, a light diffusion plate 5 arranged between the polarizing plate 3a and the phase difference plate 4, and a reflection plate 6 arranged outside the polarizing plate 3b.

[0023] On each of the opposite surfaces of a pair of transparent glass substrates 7 constituting the liquid crystal display element 2, transparent electrodes 8 made of ITO (Indium Tin Oxide) are formed, and an oriented film 9 made of polyimide resin or the like is formed throughout on the surface of each of the glass substrates 7 on which the transparent electrodes 8 are formed.

[0024] The oriented film 9 is subjected to orientation treatment by rubbing so that the liquid crystal molecules of a liquid crystal 10 arranged between the pair of glass substrates 7 have a twisting structure of 250 degrees. As the liquid crystal 10, a mixed liquid crystal material is used

which is made by adding several percents cholesteric nonanoate to a nematic liquid crystal having a positive anisotropy in a dielectric constant as a chiral material for regulating the direction of twisting. The anisotropy in the refractive index Δn of the mixed liquid crystal material is 0.24, and the cell thickness of the liquid crystal element 2 is set at 7.5 μm .

[0025] As the polarizing plates 3a, 3b, a polarizing plate having a transmittance of 45 % and a degree of polarization of 99.9 % is used, and a three-dimensional phase difference plate is used as the phase difference plate 4.

[0026] The three-dimensional phase difference plate has different refractive indexes in three dimensional directions. If the main refractive indexes in the three directions are defined as n_x , n_y , n_z , and the n_x and the n_y are the refractive indexes in the directions on the plane of the three-dimensional phase difference plate ($n_x > n_y$) and the n_z is the refractive index in the direction of thickness of the three-dimensional phase difference plate, they satisfies a relationship of $n_x > n_y > n_z$.

[0027] If the rate of the change in retardation corresponding to a change in the elevation angle of the three-dimensional phase difference plate 4 is defined as a coefficient N_z expressed by the following formula, with the use of three dimensional refractive indexes, $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$, when a wavelength λ is 633 nm, it is preferable that $N_z = 0.2$ to 0.4 ,

and in the present preferred embodiment, $N_z = 0.3$. Also, the three-dimensional phase difference plate 4 made of polycarbonate and having a retardation value of 2000 nm is used in the present preferred embodiment.

[0028] The phase difference plate 4 used in the present preferred embodiment, as shown in FIG. 2, has a constitution in which five phase films 11, each of which has a coefficient N_z of 0.3 and a retardation value of 400 nm, are laminated with their phase lag axes 12 aligned.

[0029] The light diffusion plate 5, as shown in FIG. 3, is made by laminating two films 14a, 14b, each of which has two kinds of regions 13a, 13b which are different from each other by about 0.04 in refractive index and are arranged alternately at a predetermined angle θ (the angle θ can be set at an arbitrary value, and preferably be set at a value between 30 degrees to 50 degrees, and is set at 45 degrees in the present preferred embodiment). For example, a lumistay manufactured by Sumitomo Chemical Co. or the like can be used as the light diffusion plate 5.

[0030] Light 15 vertically entering the light diffusion plate 5 emits as it is, and light 16 entering the light diffusion plate 5 in parallel to the angle θ diffuses owing to Bragg diffraction and can improve a change in the elevation angle of a display color. However, owing to the constitution of the films 14a, 14b, the light 16 entering the light diffusion

plate 5 in parallel to the angle θ is diffused only in one direction and hence can improve a change in the elevation angle of the display color only in one direction.

[0031] Accordingly, in the present preferred embodiment, the films 14a, 14b are laminated such that they are opposed to each other in the angle θ with respect to a normal, to improve a change in the elevation angle of the display color in two directions of 3:00-9:00.

[0032] The light diffusion plate 5 used in the present preferred embodiment has no phase difference and is placed between the polarizing plate 3a and the phase difference plate 4 for protecting itself.

[0033] Next, the arrangement conditions of members constituting the liquid crystal display device 1 will be described. As shown in FIG. 4, an orientation axis (rubbing axis) of the liquid crystal molecules of one oriented film 9 is inclined clockwise by an angle of 35 degrees from the direction of 9:00, as shown by an arrow A. An orientation axis (rubbing axis) of the liquid crystal molecules of the other oriented film 9 is inclined clockwise by an angle of 55 degrees from the direction of 12:00, as shown by an arrow B. Therefore, the twisting angle of the liquid crystal molecule is set at 250 degrees.

[0034] The light is diffused in two directions of 3:00-9:00 by the light diffusion plate 5, as shown by an arrow C. The

direction of absorption axis of the polarizing plate 3a is inclined clockwise by an angle of 70 degrees from the direction of 12:00, as shown by an arrow D. The direction of absorption axis of the polarizing plate 3b is inclined clockwise by an angle of 5 degrees from the direction of 6:00, as shown by an arrow E. The direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 is inclined clockwise by an angle of 30 degrees from the direction of 6:00, as shown by an arrow F.

[0035] In order to improve a change in the elevation angle of the display color in all directions in good balance, it is preferable that the angle between the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of light diffusion of the light diffusion plate 5, that is, the angle which the arrow C forms with the arrow F is set at 55 to 75 degrees. In the present preferred embodiment, the angle which the arrow C forms with the arrow F is set at 60 degrees.

[0036] Here, the reason why the coefficient N_z of the phase difference plate 4 is preferably 0.2 to 0.4 will be described.

[0037][formula 1]

$$\Delta E^*_{ab}$$

[0038] The above-described formula designates a color difference in accordance with JIS Z 8729, and as this value increases, a change in the color difference increases and

visual field characteristics deteriorate.

[0039] As shown in FIG. 5, if the coefficient N_z is changed from 0.1 to 0.5; a change in the color difference in the direction of 6:00-9:00 becomes large and the visual field characteristics deteriorate at $N_z = 0.1$ and $N_z = 0.5$.

[0040] Further, as shown in FIG. 6, if the coefficient N_z is changed from 0.1 to 0.5, a change in the color difference in the direction of 3:00-9:00 becomes large and the visual field characteristics deteriorate at $N_z = 0.1$ and $N_z = 0.5$.

[0041] Therefore, at the coefficient N_z of 0.2 to 0.4, a change in the elevation angle of the display color can be improved in good balance in all directions.

[0042] Further, the reason why the angle between the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of the light diffusion plate 5 is preferably set at 55 degrees to 75 degrees will be described.

[0043] As shown in FIG. 7, if the angle between the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of the light diffusion plate 5 is changed from 50 degrees to 80 degrees, a change in the color difference in the direction of 6:00-12:00 does not change much.

[0044] However, as shown in FIG. 6, if the angle between the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of the light diffusion plate 5 is changed from 50 degrees to 80 degrees, when the angle between

the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of the light diffusion plate 5 is 50 degrees and 80 degrees, a change in the color difference in the direction of 3:00-9:00 becomes large and the visual field characteristics deteriorate.

[0045] Therefore, if the angle between the direction of the phase lag axis 12 of the phase difference plate 4 and the direction of the light diffusion plate 5 is set at 55 degrees to 75 degrees, a change in the elevation angle of the display color can be improved in good balance in all directions.

[0046] (Comparative example) A comparative example will be described with reference to FIG. 9 and FIG. 10. FIG. 9 is a cross-sectional view showing a conventional liquid crystal display device. FIG. 10 is an illustration showing the arrangement conditions of members constituting the conventional liquid crystal display device.

[0047] As shown in FIG. 9, the conventional liquid crystal display device 51 includes a liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3a arranged at the side of an observer with respect to the liquid crystal display element 2, a polarizing plate 3b arranged at the side opposite to the observer with respect to the liquid crystal display element 2, a phase difference plate 52 arranged between the liquid crystal display element 2 and the polarizing plate 3a, and a reflection plate 6 arranged outside the polarizing plate 3b.

[0048] The liquid crystal display element 2 is the same as the liquid crystal display element 2 used in the present preferred embodiment in accordance with the present invention. That is, on each of the opposite surfaces of a pair of transparent glass substrates 7, transparent electrodes 8 made of ITO (Indium Tin Oxide) are formed, and an oriented film 9 made of polyimide resin or the like is formed throughout on the surface of each of the glass substrates 7 on which the transparent electrodes 8 are formed.

[0049] The oriented film 9 is subjected to orientation treatment by rubbing so that the liquid crystal molecule of a liquid crystal 10 arranged between the pair of glass substrates 7 has a twisting structure of 250 degrees. As the liquid crystal 10, a mixed liquid crystal material is used which is made by adding several percents cholesteric nonanoate to nematic liquid crystal having a positive anisotropy in a dielectric constant as a chiral material for regulating the direction of twisting. The Δn of the mixed liquid crystal material is 0.24, and the cell thickness of the liquid crystal element 2 is set at 7.5 μm .

[0050] As the polarizing plates 3a, 3b, a polarizing plate having a transmittance of 45 % and a degree of polarization of 99.9 % is used, and a two-dimensional phase difference plate is used as the phase difference plate 52. The two-dimensional phase difference plate 52 is made of polycarbonate and has a

retardation value of 2000 nm.

[0051] Next, the arrangement conditions of members constituting the liquid crystal display device 51 will be described. As shown in FIG. 10, an orientation axis of the liquid crystal molecules of one oriented film 9 is inclined clockwise by an angle of 35 degrees from the direction of 9:00, as shown by an arrow G. The orientation axis (rubbing axis) of the liquid crystal molecules of the other oriented film 9 is inclined clockwise by an angle of 55 degrees from the direction of 12:00, as shown by an arrow H. Therefore, the twisting angle of the liquid crystal molecule is set at 250 degrees.

[0052] The direction of absorption axis of the polarizing plate 3a is inclined clockwise by an angle of 5 degrees from the direction of 6:00, as shown by an arrow I. The direction of absorption axis of the polarizing plate 3b is inclined clockwise by an angle of 70 degrees from the direction of 12:00, as shown by an arrow J. The direction of the phase lag axis of the phase difference plate 52 is inclined clockwise by an angle of 30 degrees from the direction of 6:00, as shown by an arrow K.

[0053] Here, the visual field characteristics of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention described in the preferred embodiment will be compared with the visual field characteristics of the

conventional liquid crystal display device 51 described in the comparative example with reference to FIG. 11 and FIG. 12. FIG. 11 is an illustration showing a change in the color difference in the direction of 6:00-12:00 of the conventional liquid crystal display device 51, that of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention, and that of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed. FIG. 12 is an illustration showing a change in the color difference in the direction of 3:00-9:00 of the conventional liquid crystal display device 51, that of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention, and that of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed. In this respect, in FIG. 11 and FIG. 12, with or without in the notation designates with or without the light diffusion plate 5.

[0054] As shown in FIG. 11, a change in the color difference in the direction of 6:00-12:00 of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention and that of the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed do not much change, and both of them show good characteristics, but that of the conventional liquid crystal display device 51 becomes extremely large.

[0055] For example, a case where a change in the elevation angle of the display color is produced when the color difference is expressed by the following formula will be described.

[0056][formula 2]

$$\Delta E^*_{ab} = 6$$

[0057] The range in which a change of the elevation angle of the display color is not produced in the direction of 6:00-12:00 is about 10 degrees for the conventional liquid crystal display device 51, and is about 80 degrees for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention and for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed.

[0058] Further, as shown in FIG. 12, a change of the elevation angle of the display color in the direction of 3:00-9:00 shows good visual field characteristics for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention, but becomes large for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed and for the conventional liquid crystal display device 51.

[0059] For example, a case where a change in the elevation angle of the display color is produced when the color difference is expressed by the following formula will be

described.

[0060][formula 3] $\Delta E^*_{ab} = 6$

[0061] The range in which a change in the elevation angle of the display color is not produced in the direction of 3:00-9:00 is about 9 degrees for the conventional liquid crystal display device 51, and is about 55 degrees for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention from which the light diffusion plate 5 is removed, and is not less than 80 degrees for the liquid crystal display device 1 in accordance with the present invention.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-239683

(43)公開日 平成10年(1998)9月11日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/1335

識別記号

5 1 0

F I

G 0 2 F 1/1335

5 1 0

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-167006

(22)出願日 平成9年(1997)6月24日

(31)優先権主張番号 特願平8-344889

(32)優先日 平8(1996)12月25日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 藪田 浩志

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 ▲吉▼村 和也

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

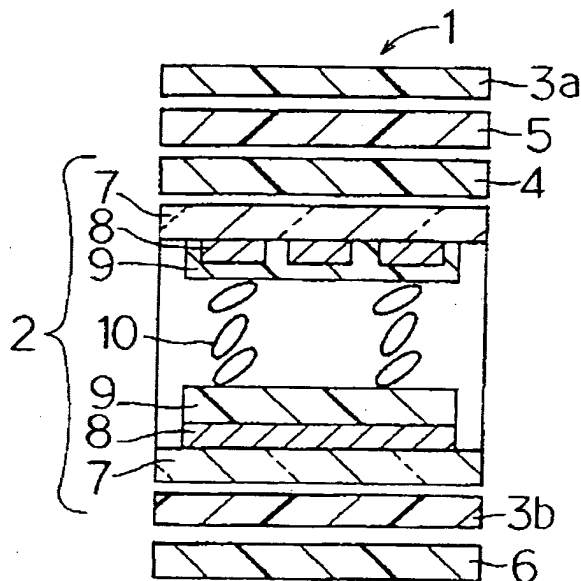
(74)代理人 弁理士 梅田 勝

(54)【発明の名称】 反射型液晶表示装置

(57)【要約】

【課題】 観察する角度によって表示色が大きく変化することを改善したECB方式反射型カラーSTN液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 本発明に係わる液晶表示装置1は、液晶表示素子2と、液晶表示素子2の観察者側に配置される偏光板3aと、液晶表示素子2の非観察者側に配置される偏光板3bと、液晶表示素子2と偏光板3aとの間に配置される位相差板4と、偏光板3aと位相差板4との間に配置される光拡散板5と、偏光板3bの外側に配置される反射板6とから構成される。液晶表示素子2を構成する一対のガラス基板7の対向する表面には、それぞれ透明電極8及び配向膜9が形成される。ガラス基板7間には液晶10が介在される。このようにして、ECB方式反射型カラーSTN液晶表示装置を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の偏光板間に、ECB方式反射型カラーSTN液晶表示素子が介在されてなる反射型液晶表示装置において、

観察者側の偏光板と前記液晶表示素子との間に、特定方向に光を拡散する光拡散板を有することを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項2】 観察者側の偏光板と前記液晶表示素子との間に、前記光拡散板では拡散しない方向の視野角特性を改善する位相差板を有することを特徴とする請求項1記載の反射型液晶表示装置。

【請求項3】 前記光拡散板は、屈折率が互いに異なる領域を有する2枚のフィルムを積層して構成され、前記領域は、フィルムの法線方向に対して前記特定方向に所定の角度だけ傾斜した方向に平行に設けられ、各フィルムの前記角度は、法線方向を中心として互いに反対方向となるように設定されていることを特徴とする請求項1または2記載の反射型液晶表示装置。

【請求項4】 前記位相差板は、3次元方向の屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z が、 $n_x > n_z > n_y$ の関係を有し、前記光拡散板で拡散された光の拡散方向と前記位相差板の遅相軸とのなす角が、 55° 以上 75° 以下であることを特徴とする請求項2または3記載の反射型液晶表示装置。

【請求項5】 $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ で表される前記位相差板の仰角変化に対するレタデーション値の変化の割合を示す係数 N_z が、波長 λ が 633nm のときに、 0.2 以上 0.4 以下であることを特徴とする請求項4記載の反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射型液晶表示装置に関するもので、特に、複屈折効果を利用してカラー表示を行うECB方式反射型カラーSTN（スーパーツイストドネマチック）液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】携帯型情報機器のディスプレイには、携帯性を考慮して反射型白黒STN液晶表示装置が採用されているが、視認識性向上のため、複数色のカラー表示が可能な反射型カラー液晶表示装置の開発が行われている。特に、カラーフィルターを用いずにカラー表示を実現するため、ECB（複屈折制御）方式反射型カラーSTN液晶表示装置の開発が盛んに行われている。

【0003】このECB方式反射型カラーSTN液晶表示装置の原理は、階調電圧を画素に印加すると、印加された階調電圧に応じて液晶分子の配向が変化し、これに伴って液晶表示素子のセル厚 d と液晶の屈折率異方性 Δn との積 $d\Delta n$ が変化し、その結果、液晶の複屈折効果によって $d\Delta n$ の変化に応じた色づきが出るというもの

である。

【0004】従来から用いられているSTN型液晶表示装置では、光をオン、オフすることが可能であれば、カラーフィルターを用いてカラー化が可能であり、 $d\Delta n$ は 1000nm 以下に設定されている。しかし、ECB方式の液晶表示装置では、カラーフィルターを用いずに $d\Delta n$ の変化によって多色表示させるため、 $d\Delta n$ を大きな値に設定する必要がある、 $d\Delta n$ は 1000nm 以上に設定されている。

【0005】このように、 $d\Delta n$ を 1000nm 以上の大きな値に設定していることにより、ECB方式の液晶表示装置では、液晶の複屈折性が光の入射角によって大きく変化するため、表示色が液晶表示装置を観察する角度によって大きく変化（表示色の仰角変化）してしまうという問題点がある。

【0006】この問題点を解決するために、特開平8-15691号公報に開示されているように、ECB方式の液晶表示装置に3次元方向の屈折率が $n_x > n_z > n_y$ の関係を有する2軸性位相差板を用いることが提案されている。

【0007】この方法では、液晶の複屈折性は光の入射角によって変化するが2軸性位相差板の複屈折性は光の入射角が変化してもほとんど変わらないこと、及び2軸性位相差板の屈折率の関係により、光が液晶を垂直に透過した場合と斜めに透過した場合との位相差が2軸性位相差板によって補償されるため、表示色の仰角変化が抑えられる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平8-15691号公報に開示されている方法を用いた場合であっても、ECB方式の液晶表示装置は、 $d\Delta n$ が大きいと、僅かな観察方向のずれでも $d\Delta n$ が変動してしまい、表示色の仰角変化は満足のできるものではない。

【0009】本発明は、以上のような従来の問題点に鑑みなされたものであって、観察する角度によって表示色が大きく変化することを改善したECB方式反射型カラーSTN液晶表示装置を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】前述した目的を達成するために、本発明の請求項1記載の反射型液晶表示装置は、一対の偏光板間に、ECB方式反射型カラーSTN液晶表示素子が介在されてなる反射型液晶表示装置において、観察者側の偏光板と前記液晶表示素子との間に、特定方向に光を拡散する光拡散板を有することを特徴としている。

【0011】請求項2記載の反射型液晶表示装置は、請求項1記載の反射型液晶表示装置において、観察者側の偏光板と前記液晶表示素子との間に、前記光拡散板では

拡散しない方向の視野角特性を改善する位相差板を有することを特徴としている。

【0012】請求項3記載の反射型液晶表示装置は、請求項1または2記載の反射型液晶表示装置において、前記光拡散板は、屈折率が互いに異なる領域を有する2枚のフィルムを積層して構成され、前記領域は、フィルムの法線方向に対して前記特定方向に所定の角度だけ傾斜した方向に平行に設けられ、各フィルムの前記角度は、法線方向を中心として互いに反対方向となるように設定されていることを特徴としている。

【0013】請求項4記載の反射型液晶表示装置は、請求項2または3記載の反射型液晶表示装置において、前記位相差板は、3次元方向の屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z が、 $n_x > n_z > n_y$ の関係を有し、前記光拡散板で拡散された光の拡散方向と前記位相差板の遅相軸とのなす角が、 55° 以上 75° 以下であることを特徴としている。

【0014】請求項5記載の反射型液晶表示装置は、請求項4記載の反射型液晶表示装置において、 $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ で表される前記位相差板の仰角変化に対するレタデーション値の変化の割合を示す係数 N_z が、波長 λ が 633nm のときに、 0.2 以上 0.4 以下であることを特徴としている。

【0015】本発明の反射型液晶表示装置によれば、観察者側の偏光板と液晶表示素子との間に、特定方向に光を拡散する光拡散板を有することにより、正面輝度を低下させることなく、表示色の仰角変化を改善することができる。これは、ECB方式反射型カラーSTN液晶表示装置の場合、カラーフィルターを用いないため、カラーフィルターを用いる液晶表示装置のように、各色相で光の波長によって生じた特性の差が、光拡散板による拡散効果でさらに強調されることがないからである。

【0016】また、観察者側の偏光板と液晶表示素子との間に、光拡散板では拡散しない方向の視野角特性を改善する位相差板を有することにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。

【0017】さらに、光拡散板は、屈折率が互いに異なる領域を有する2枚のフィルムを積層して構成され、前記領域は、フィルムの法線方向に対して特定方向に所定の角度だけ傾斜した方向に平行に設けられ、各フィルムの前記角度は、法線方向を中心として互いに反対方向となるように設定されることにより、光拡散板の法線方向に沿って入射した光は、拡散されずにそのまま出射して正面輝度を確保する。そして、法線方向に対して傾斜した方向に入射した光は、傾斜方向を特定方向と一致させることによって、特定方向に拡散されて表示色の仰角変化が改善される。

【0018】さらに、位相差板は、3次元方向の屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z が、 $n_x > n_z > n_y$ の関係を有し、光拡散板で拡散された光の拡散方向と位相差板の遅相軸

とのなす角が、 55° 以上 75° 以下であることにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。3次元位相差板は、その遅相軸方向の仰角におけるレタデーション変化を自由にコントロール（その度合いを係数 N_z で表す）できるため、従来の位相差板（2次元）に対して表示色の仰角変化を改善することができる。そして、光拡散板の光拡散方向と3次元位相差板の遅相軸のなす角を 55° 以上 75° 以下に設定することで、光拡散板による表示色の仰角変化の改善方向と3次元位相差板による表示色の仰角変化の改善方向とのバランスが取れ、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。

【0019】さらに、 $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ で表される位相差板の仰角変化に対するレタデーション値の変化の割合を示す係数 N_z が、波長 λ が 633nm のときに、 0.2 以上 0.4 以下であることにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】図1乃至図14を用いて、本発明の実施の形態及び比較例について説明する。

【0021】（実施の形態）図1乃至図8を用いて、本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明に係わる液晶表示装置を示す断面図、図2は本発明に係わる位相差板を示す説明図、図3は本発明に係わる光拡散板を示す断面図、図4は本発明に係わる液晶表示装置を構成する各部材の配設条件を示す説明図、図5は係数 N_z を $0.1 \sim 0.5$ まで変化させた場合の $6:00-12:00$ 方向の色差変化を示す説明図、図6は係数 N_z を $0.1 \sim 0.5$ まで変化させた場合の $3:00-9:00$ 方向の色差変化を示す説明図、図7は遅相軸方向と光拡散方向とのなす角度を $50^\circ \sim 80^\circ$ まで変化させた場合の $6:00-12:00$ 方向の色差変化を示す説明図、図8は遅相軸方向と光拡散方向とのなす角度を $50^\circ \sim 80^\circ$ まで変化させた場合の $3:00-9:00$ 方向の色差変化を示す説明図である。

【0022】図1に示すように、本発明に係わる液晶表示装置1は、液晶表示素子2と、液晶表示素子2の観察者側に配置される偏光板3aと、液晶表示素子2の非観察者側に配置される偏光板3bと、液晶表示素子2と偏光板3aとの間に配置される位相差板4と、偏光板3aと位相差板4との間に配置される光拡散板5と、偏光板3bの外側に配置される反射板6とから構成される。

【0023】液晶表示素子2を構成する透光性を有する一対のガラス基板7の対向する表面には、それぞれITO（インジウム錫酸化物）からなる透明電極8が形成され、ガラス基板7の透明電極8が形成された表面には、ほぼ全面にポリイミド樹脂等からなる配向膜9がそれぞれ形成される。

【0024】配向膜9は、ガラス基板7間に介在される

液晶10の液晶分子が 250° のねじれ構造をとるように、ラビングによって配向処理が施されている。液晶10としては、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶に、ねじれ方向を規制するためのカイラル物質として、コレステリックノナノエイトを数%添加した混合液晶材料を用いる。混合液晶材料の Δn は0.24であり、液晶表示素子2のセル厚は $7.5\mu\text{m}$ に設定される。

【0025】偏光板3a及び3bには、単体透過率45%、偏光度99.9%のものをを用い、位相差板4には、3次元位相差板を用いる。

【0026】3次元位相差板は、3次元方向でそれぞれ屈折率が異なり、3方向の主屈折率を n_x 、 n_y 、 n_z とした場合、3次元位相差板面内方向の屈折率を n_x 、 n_y ($n_x > n_y$) とし、3次元位相差板の厚み方向の屈折率を n_z としたとき、 $n_x > n_z > n_y$ となるように設定されているものである。

【0027】3次元位相差板の仰角の変化に対応するレタデーションの変化の割合を3次元の屈折率を用いて、係数 $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ と規定すれば、波長 λ が 633nm のときに、 $N_z = 0.2 \sim 0.4$ が望ましく、本実施の形態においては、 $N_z = 0.3$ のものをを用いている。また、材質はポリカーボネートからなり、レタデーション値は 2000nm のものをを用いている。

【0028】本実施の形態で用いる位相差板4は、図2に示すように、 $N_z = 0.3$ 、レタデーション値 400nm の5枚の位相差フィルム11を、遅相軸12を揃えて積層した構成になっている。

【0029】光拡散板5は、図3に示すように、屈折率が互いに0.04程度異なる2種類の領域13a及び13bを、一定の角度 θ (θ は任意に設定できるが、 $30^\circ \sim 50^\circ$ の間が好ましく、本実施の形態においては、 45° のものをを用いる)を持つように交互に並べたフィルム14a及び14bを積層したもの、例えば住友化学製ルミスティー等を用いる。

【0030】光拡散板5に、垂直に入射した光15はそのまま出射するが、角度 θ と平行に入射した光16はブラッグ回折により拡散し、表示色の仰角変化を改善することができるようになる。しかし、フィルム14a及び14bの構成上、角度 θ と平行に入射した光16は一方方向にのみ拡散され、一方向の表示色の仰角変化しか改善できない。

【0031】このため、本実施の形態においては、フィルム14a及び14bを、角度 θ が法線方向を中心として互いに反対方向となるように積層し、例えば $3:00-9:00$ 方向の2方向の表示色の仰角変化を改善している。

【0032】本実施の形態で用いる光拡散板5は、位相差を有しないものであり、また、光拡散板5を保護する目的で偏光板3aと位相差板4の間に配置している。

【0033】次に、液晶表示装置1を構成する各部材の配設条件について説明する。図4に示すように、一方の配向膜9の液晶分子配向軸(ラビング軸)は、矢印Aで示すように、 $9:00$ 方向から時計回りに 35° 傾いている。他方の配向膜9の液晶分子配向軸方向は、矢印Bで示すように、 $12:00$ 方向から時計回りに 55° 傾いている。したがって、液晶分子のねじれ角は 250° に設定される。

【0034】光拡散板5の光拡散方向は、矢印Cで示すように、 $3:00-9:00$ 方向の2方向である。偏光板3aの吸収軸方向は、矢印Dで示すように、 $12:00$ 方向から時計回りに 70° 傾いている。偏光板3bの吸収軸方向は、矢印Eで示すように、 $6:00$ 方向から時計回りに 5° 傾いている。また、位相差板4の遅相軸12方向は、矢印Fで示すように、 $6:00$ 方向から時計回りに 30° 傾いている。

【0035】表示色の仰角変化をすべての方向でバランス良く改善するためには、位相差板4の遅相軸12方向と光拡散板5の光拡散方向とのなす角度、つまり、矢印Cと矢印Fとのなす角度を $55^\circ \sim 75^\circ$ に設定することが望ましい。本実施の形態においては、矢印Cと矢印Fとのなす角度を 60° に設定している。

【0036】ここで、位相差板4の係数 N_z が $0.2 \sim 0.4$ が望ましい理由について説明する。

【0037】

【数1】

$$\Delta E^* a b$$

【0038】上記数式は、JIS Z 8729に準じて色差を表すものであり、真上の色を原点としているため、この値が大きくなる程、色差変化が大きくなり、視野角特性が悪くなることを示している。

【0039】図5に示すように、係数 N_z を $0.1 \sim 0.5$ まで変化させた場合、 $6:00-12:00$ 方向の色差変化は、 $N_z = 0.1$ 及び $N_z = 0.5$ のときに、色差が大きくなって視野角特性が悪くなっている。

【0040】また、図6に示すように、係数 N_z を $0.1 \sim 0.5$ まで変化させた場合、 $3:00-9:00$ 方向の色差変化は、 $N_z = 0.1$ 及び $N_z = 0.5$ のときに、色差が大きくなって視野角特性が悪くなっている。

【0041】したがって、係数 N_z が $0.2 \sim 0.4$ の場合に、すべての方向においてバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。

【0042】さらに、位相差板4の遅相軸12方向と光拡散板5の光拡散方向とのなす角度を $55^\circ \sim 75^\circ$ に設定することが望ましい理由について説明する。

【0043】図7に示すように、遅相軸12方向と光拡散方向とのなす角度を $50^\circ \sim 80^\circ$ まで変化させた場合、 $6:00-12:00$ 方向の色差変化は、それ程大きな差ではない。

【0044】しかし、図8に示すように、遅相軸12方向と光拡散方向とのなす角度を $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ まで変化させた場合、 $3:00-9:00$ 方向の色差変化は、遅相軸12方向と光拡散方向とのなす角度が 50° 及び 80° のときに、色差が大きくなって視野角特性が悪くなっている。

【0045】したがって、遅相軸12方向と光拡散方向とのなす角度を $55^{\circ} \sim 75^{\circ}$ に設定した場合に、すべての方向においてバランス良く表示色の仰角変化を改善することができる。

【0046】(比較例)図9及び図10を用いて、比較例について説明する。図9は従来の液晶表示装置を示す断面図、図10は従来の液晶表示装置を構成する各部材の配設条件を示す説明図である。

【0047】図9に示すように、従来の液晶表示装置51は、液晶表示素子2と、液晶表示素子2の観察者側に配置される偏光板3aと、液晶表示素子2の非観察者側に配置される偏光板3bと、液晶表示素子2と偏光板3aとの間に配置される位相差板52と、偏光板3bの外側に配置される反射板6とから構成される。

【0048】液晶表示素子2は、本発明の実施の形態と同様であり、透光性を有する一対のガラス基板7の対向する表面には、それぞれITOからなる透明電極8が形成され、ガラス基板7の透明電極8が形成された表面には、ほぼ全面にポリイミド樹脂等からなる配向膜9がそれぞれ形成される。

【0049】配向膜9は、ガラス基板7間に介在される液晶10の液晶分子が 250° のねじれ構造をとるように、ラビングによって配向処理が施されている。液晶10としては、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶に、ねじれ方向を規制するためのカイラル物質として、コレステリックノナノエイトを数%添加した混合液晶材料を用いる。混合液晶材料の Δn は0.24であり、液晶表示素子2のセル厚は $7.5 \mu m$ に設定される。

【0050】偏光板3a及び3bには、単体透過率45%、偏光度99.9%のものをを用い、位相差板52には、2次元位相差板を用いる。2次元位相差板はポリカーボネートからなり、レタデーション値は $2000 nm$ である。

【0051】次に、液晶表示装置51を構成する各部材の配設条件について説明する。図10に示すように、一方の配向膜9の液晶分子配向軸は、矢印Gで示すように、 $9:00$ 方向から時計回りに 35° 傾いている。他方の配向膜9の液晶分子配向軸は、矢印Hで示すように、 $12:00$ 方向から時計回りに 55° 傾いている。したがって、液晶分子のねじれ角は 250° に設定される。

【0052】偏光板3aの吸収軸方向は、矢印Iで示すように、 $6:00$ 方向から時計回りに 5° 傾いている。偏光板3bの吸収軸方向は、矢印Jで示すように、1

$2:00$ 方向から時計回りに 70° 傾いている。位相差板52の遅相軸方向は、矢印Kで示すように、 $6:00$ 方向から時計回りに 30° 傾いている。

【0053】ここで、図11及び図12を用いて、実施の形態で説明した本発明に係わる液晶表示装置1の視野角特性と、比較例で説明した従来の液晶表示装置51の視野角特性とを比較する。図11は従来の液晶表示装置51、本発明の液晶表示装置1及び本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置の $6:00-12:00$ 方向の色差変化を示す説明図、図12は従来の液晶表示装置51、本発明の液晶表示装置1及び本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置の $3:00-9:00$ 方向の色差変化を示す説明図である。尚、図11及び図12において、有り及び無しは、光拡散板5の有無を示している。

【0054】図11に示すように、 $6:00-12:00$ 方向の色差変化は、本発明の液晶表示装置1及び本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置については、大きな差はなく、ともに良好な特性を示しているが、従来の液晶表示装置51については、極端に色差変化が大きくなっている。

【0055】例えば、次式で示すときに表示色の仰角変化が生じるとした場合について説明する。

【0056】

【数2】

$$\Delta E^* a b = 6$$

【0057】 $6:00-12:00$ 方向では、表示色の仰角変化が生じない範囲は、従来の液晶表示装置51が約 10° 、本発明の液晶表示装置1及び本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置については約 80° となる。

【0058】また、図12に示すように、 $3:00-9:00$ 方向の色差変化は、本発明の液晶表示装置1については、良好な視野角特性を示しているが、従来の液晶表示装置51及び本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置については、色差変化が大きくなっている。

【0059】例えば、次式で示すときに表示色の仰角変化が生じるとした場合について説明する。

【0060】

【数3】

$$\Delta E^* a b = 6$$

【0061】 $3:00-9:00$ 方向では、表示色の仰角変化が生じない範囲は、従来の液晶表示装置51が約 9° 、本発明の液晶表示装置1から光拡散板5を除いた液晶表示装置が約 55° 、本発明の液晶表示装置1については 80° 以上となる。

【0062】このように、本発明の液晶表示装置1によ

れば、従来の液晶表示装置51に対して、表示色の仰角変化が生じない範囲が6:00-12:00方向及び3:00-9:00方向とも約8倍とすることができる。

【0063】ここで、図13及び図14を用いて、比較例で説明した従来の液晶表示装置51の視野角特性と、従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置の視野角特性とを比較する。図13は従来の液晶表示装置51及び従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置の6:00-12:00方向の色差変化を示す説明図、図14は従来の液晶表示装置51及び従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置の3:00-9:00方向の色差変化を示す説明図である。尚、図13及び図14において、有りは光拡散板5の有無を示している。

【0064】図13に示すように、6:00-12:00方向の色差変化は、従来の液晶表示装置51と従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置とで大きな差はなく、ともに色差変化が大きくなっている。

【0065】また、図14に示すように、3:00-9:00方向の色差変化は、従来の液晶表示装置51については、色差変化が大きくなっているが、従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置については、視野角特性が改善されている。特に、仰角が±20°を超えるあたりから効果が顕著なものとなり、これは表示色の仰角変化が生じてはいるものの、その度合いが大きく改善されていることを示している。

【0066】このように、従来の液晶表示装置51に光拡散板5を設けた液晶表示装置、即ち本発明に係わる液晶表示装置によれば、従来の液晶表示装置51に対して、表示色の仰角変化が生じない範囲が広くなり、表示色の仰角変化が生じてその度合いを大きく改善することができる。

【0067】以上のように、光拡散板5を設けることによって視野角特性を改善することができるが、3次元位相差板と組み合わせることによってさらに良好な視野角特性を得ることができる。

【0068】

【発明の効果】以上の説明のように、本発明の反射型液晶表示装置によれば、観察者側の偏光板と液晶表示素子との間に、特定方向に光を拡散する光拡散板を有することにより、正面輝度を低下させることなく、表示色の仰角変化を改善し、視野角特性を向上させることができる。

【0069】また、観察者側の偏光板と液晶表示素子との間に、光拡散板では拡散しない方向の視野角特性を改善する位相差板を有することにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善し、視野角特性を向上させることができる。

【0070】さらに、光拡散板は、屈折率が互いに異なる領域を有する2枚のフィルムを積層して構成され、前記領域は、フィルムの法線方向に対して特定方向に所定の角度だけ傾斜した方向に平行に設けられ、各フィルムの前記角度は、法線方向を中心として互いに反対方向となるように設定されることにより、正面輝度を確保するとともに、表示色の仰角変化を改善し、視野角特性を向上させることができる。

【0071】さらに、位相差板は、3次元方向の屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z が、 $n_x > n_z > n_y$ の関係を有し、光拡散板で拡散された光の拡散方向と位相差板の遅相軸とのなす角が、55°以上75°以下であることにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善し、視野角特性を向上させることができる。

【0072】さらに、 $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ で表される位相差板の仰角変化に対するレタデーション値の変化の割合を示す係数 N_z が、波長 λ が633nmのときに、0.2以上0.4以下であることにより、すべての方向でバランス良く表示色の仰角変化を改善し、視野角特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる液晶表示装置を示す断面図である。

【図2】本発明に係わる位相差板を示す説明図である。

【図3】本発明に係わる光拡散板を示す断面図である。

【図4】本発明に係わる液晶表示装置を構成する各部材の配設条件を示す説明図である。

【図5】係数 N_z を0.1~0.5まで変化させた場合の6:00-12:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図6】係数 N_z を0.1~0.5まで変化させた場合の3:00-9:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図7】遅相軸方向と光拡散方向とのなす角度を50°~80°まで変化させた場合の6:00-12:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図8】遅相軸方向と光拡散方向とのなす角度を50°~80°まで変化させた場合の3:00-9:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図9】従来の液晶表示装置を示す断面図である。

【図10】従来の液晶表示装置を構成する各部材の配設条件を示す説明図である。

【図11】従来の液晶表示装置、本発明の液晶表示装置及び本発明の液晶表示装置から光拡散板を除いた液晶表示装置の6:00-12:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図12】従来の液晶表示装置、本発明の液晶表示装置及び本発明の液晶表示装置から光拡散板を除いた液晶表示装置の3:00-9:00方向の色差変化を示す説明図である。

【図13】従来の液晶表示装置及び従来の液晶表示装置に光拡散板を設けた液晶表示装置の6:00-12:00方向の色差変化を示す説明図である。

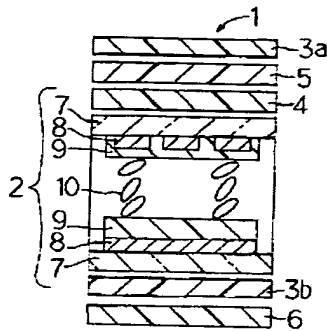
【図14】従来の液晶表示装置及び従来の液晶表示装置に光拡散板を設けた液晶表示装置の3:00-9:00方向の色差変化を示す説明図である。

【符号の説明】

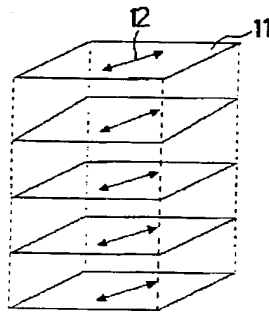
- 1 液晶表示装置
- 2 液晶表示素子
- 3 a、3 b 偏光板
- 4 位相差板
- 5 光拡散板
- 6 反射板

- 7 ガラス基板
- 8 透明電極
- 9 配向膜
- 10 液晶
- 11 位相差フィルム
- 12 遅相軸
- 13 a、13 b 領域
- 14 a、14 b フィルム
- 15 垂直に入射した光
- 16 角度 θ と平行に入射した光
- 51 液晶表示装置
- 52 位相差板

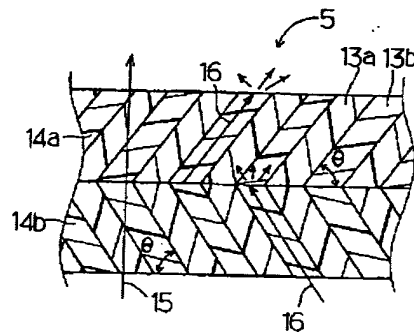
【図1】



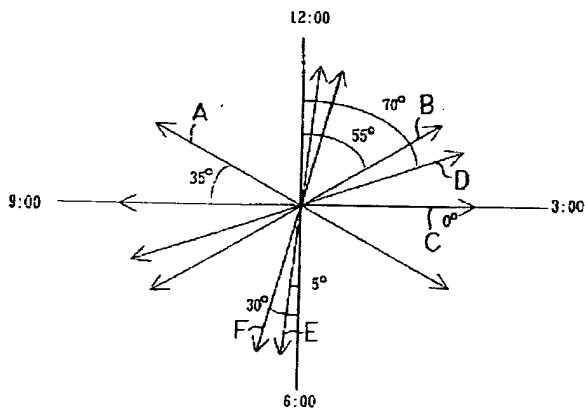
【図2】



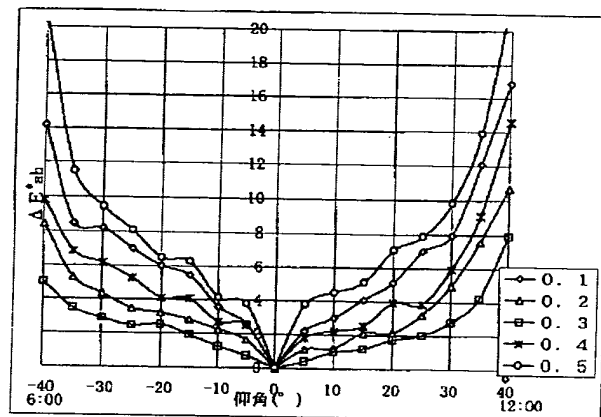
【図3】



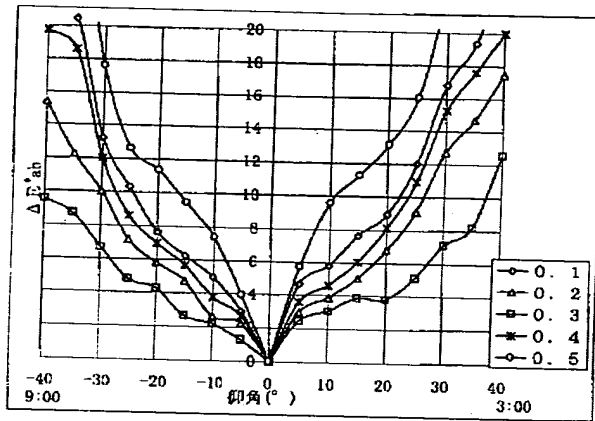
【図4】



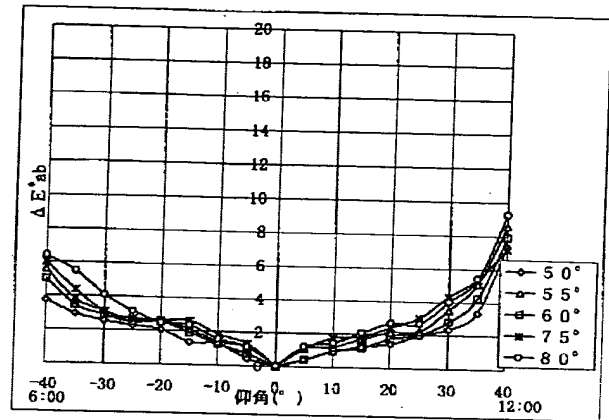
【図5】



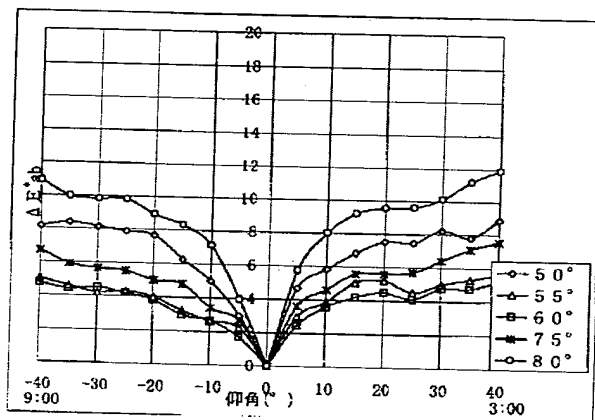
【図6】



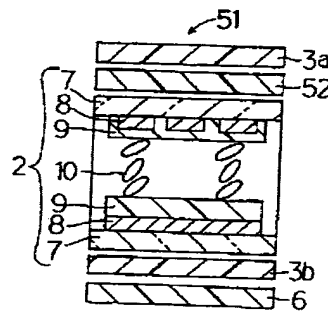
【図7】



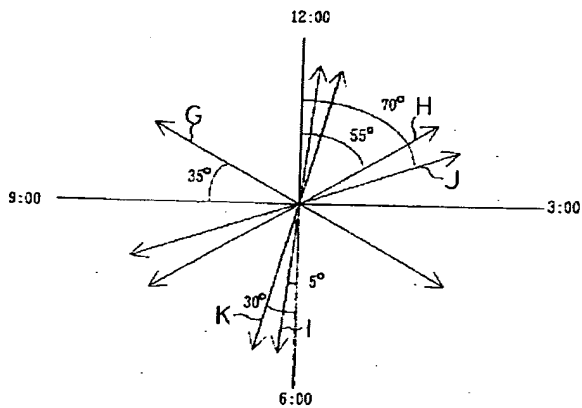
【図8】



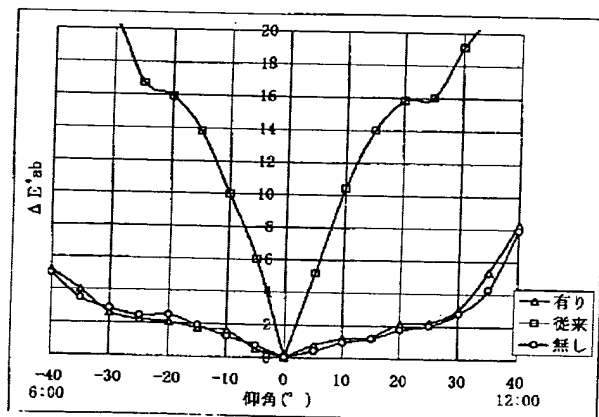
【図9】



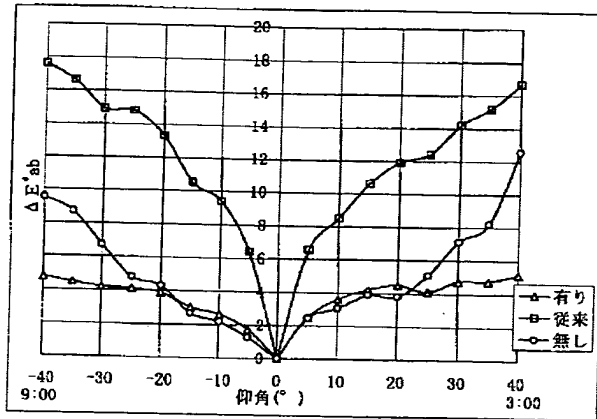
【図10】



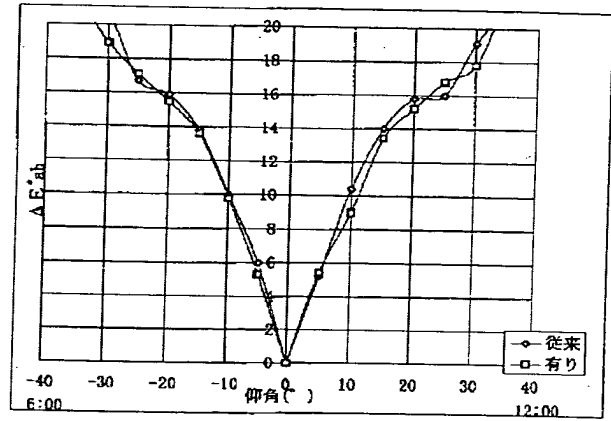
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

